

Nº 4, dez/96, 1-4

**AUTOMATIZAÇÃO DE MÉTODO PARA ANÁLISE DO VOLUME DE GOTAS  
DE CHUVA NATURAL OU ARTIFICIAL E SUA DISTRIBUIÇÃO COM  
TÉCNICAS DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS**

Paulo E. Cruvinel<sup>1</sup>  
Sidney R. Vieira<sup>2</sup>  
Edson R. Minatel<sup>3</sup>  
Marcos L. Mucheroni<sup>4</sup>  
Silvio Crestana<sup>5</sup>

O impacto de gotas de chuva na superfície do solo tem um efeito muito importante, no que tange a erosão, a quebra de agregados, ao selamento de superfícies e na infiltração. Fisicamente, esse efeito é representado em termos da energia cinética por volume de chuva. Um dos métodos mais comuns utilizados nessa determinação, tanto para chuvas naturais como para chuvas artificiais, é o cálculo a partir das propriedades físicas da gota de chuva. Assim, se a velocidade de impacto ( $v_i$ , em  $m.s^{-1}$ ) da gota, com diâmetro ( $d_i$ , em mm) e a distribuição ( $n_i$ ) são parâmetros conhecidos, a energia cinética por unidade de volume de chuva  $E_k$  (em  $J.m^{-2}.mm^{-1}$ ) pode ser dada por:

$$E_k = (1/2)\rho \frac{\sum_{i=1}^N d_i^3 v_i^2 n_i}{\sum_{i=1}^N d_i^3 n_i} \quad (1)$$

onde  $\rho$  é a densidade da gota de chuva (em  $g.cm^{-3}$ ),  $n_i$  é o número ou fração de gotas de chuva no intervalo do diâmetro da gota, sendo caracterizado pelo diâmetro efetivo, e  $N$  é o número total de gotas no intervalo do diâmetro.

Velocidades de impacto de chuvas têm sido reportadas por vários pesquisadores e foram primeiramente medidas em 1905.

<sup>1</sup>Eng. Eletrônico, PhD, EMBRAPA-CNPDIA, Caixa Postal: 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP

<sup>2</sup>Agrônomo, PhD, IAC, Avenida Barão de Itapura, 1481, CEP 13001-970, Campinas, SP

<sup>3</sup>Computação, UFSCar, Rodovia Washington Luiz, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP

<sup>4</sup>Computação, PhD, UFSCar, Rodovia Washington Luiz, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP

<sup>5</sup>Físico, PhD, EMBRAPA/CNPDIA, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos-SP

CT/4, CNPDIA, dez/96, p.2

O volume de gotas de chuva vem sendo medido desde 1890 e há pelo menos seis diferentes métodos técnicos para a realização dessa medida e sua distribuição.

Dentre os métodos, destacam-se o método da força, o do fluxo, o do momento, o de imersão, o do óleo (Eigel & More, 1983) e o método baseado no uso de papéis marcadores, sensíveis às gotas de chuva. O método do óleo é baseado na premissa de que gotas de água suspensas em fluido viscoso assumem uma forma esférica perfeita, devido às tensões superficiais e à pressão distribuída sobre as mesmas. Isso também ocorre com boa aproximação no método baseado no uso de papéis marcadores. A Fig. 1 mostra um conjunto de gotas de chuva com diâmetros diversos, obtidos com o uso de aspersores e chuva natural e papéis marcadores da Ciba-Geigy® sensíveis a gotas de água.

A principal dificuldade encontrada nos métodos citados para a análise do volume de gotas de chuva natural ou artificial está na tarefa de avaliação manual dos diâmetros das gotas para o posterior levantamento do espectro de distribuição das mesmas. Em geral, são utilizadas réguas graduadas e os diâmetros são medidos um a um.

O trabalho de reconhecimento do volume de gotas na forma automatizada (Cruvinel et al, 1996) otimiza a tarefa manual, sendo o reconhecimento feito por computador de forma rápida e com maior confiabilidade.

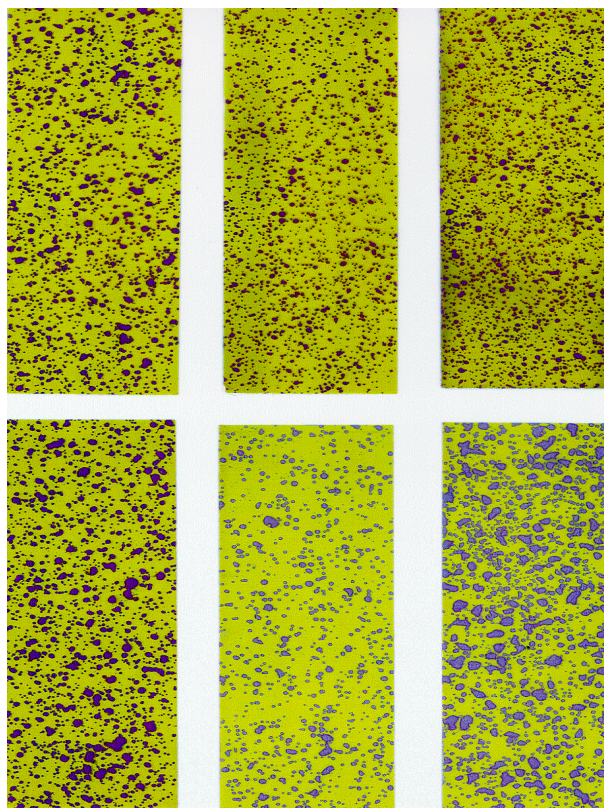


Figura 1 - Gotas de chuva artificial e natural em papéis marcadores da Ciba-Geigy® sensíveis a gotas de água (tempo de exposição de um segundo).

CT/4, CNPDIA, dez/96, p.3

O método de reconhecimento automático dos padrões de gotas de chuva natural e artificial utiliza o teorema da convolução de Fourier, com suas propriedades da correlação em freqüência. Assim, uma imagem de entrada  $X(x,y)$  é correlacionada com uma imagem padrão  $H(x,y)$ , de forma que:

$$X(x,y) \circ H(x,y) = F^{-1}\{Z^*(u,v) \cdot R(u,v)\} \quad (2)$$

onde  $Z^*(u,v)$  é o conjugado da transformada de Fourier da imagem de entrada e  $R(u,v)$  é a transformada de Fourier da imagem com o padrão calibrado em volume e conhecido. Uma análise completa é feita com o uso de um conjunto de padrões calibrados, que são utilizados em cada etapa do reconhecimento com a repetição do procedimento de correlação em freqüência

A Fig. 2 mostra uma seqüência de operações práticas, onde gotas são reconhecidas após o processamento.

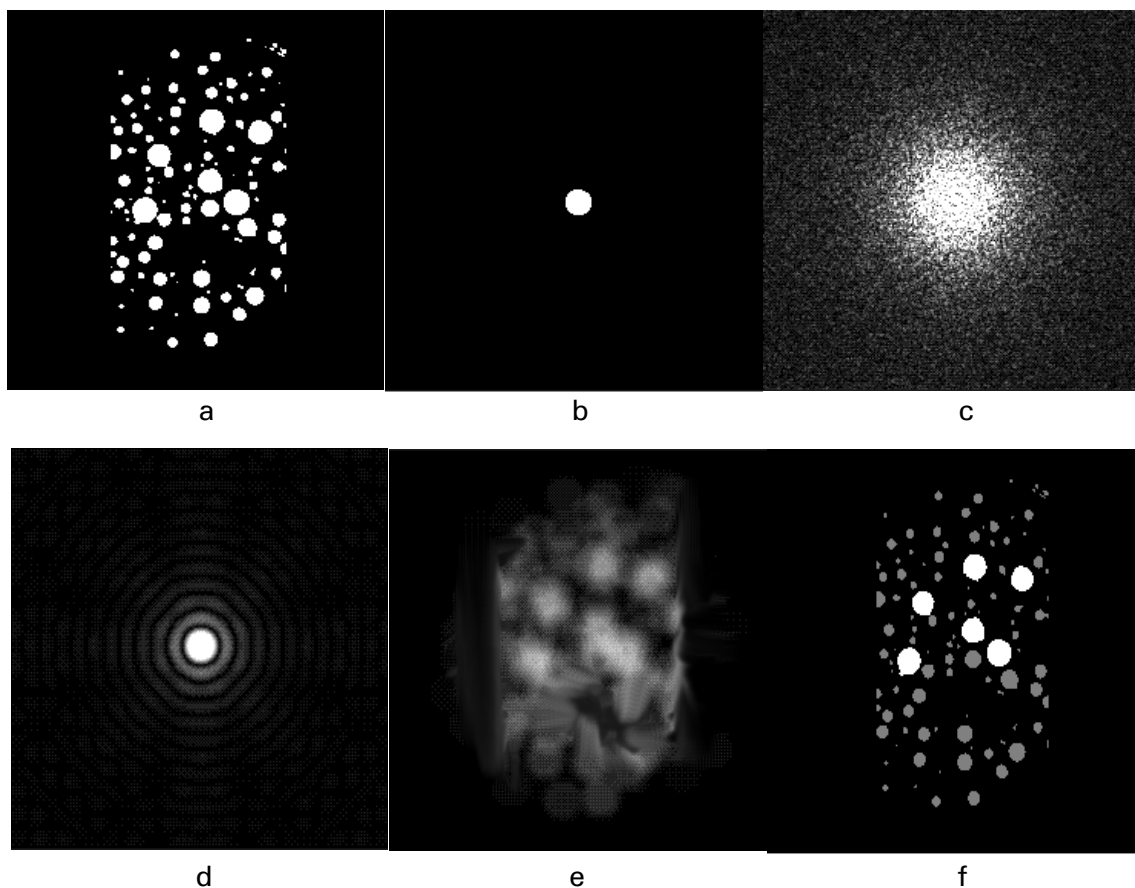


Figura 2 - Exemplo de uma etapa de reconhecimento do método automatizado para análise do volume de gotas de chuva natural ou artificial. A imagem de entrada tem 256x256 elementos (*pixels*), com 256 níveis de intensidade, (a) - imagem de papel marcador da Ciba-Geigy® com gotas de água, digitalizado via *scanner* de mesa e tratado com limiar, (b) - imagem digitalizada do padrão que se deseja reconhecer, (c) - espectro de Fourier da imagem de entrada, (d) - espectro de Fourier da imagem padrão, (e) - mapa de correlação no domínio espacial obtido pelo uso do teorema da convolução, (f) - imagem de saída com as gotas, reconhecida conforme o padrão pré-estabelecido.

CT/4, CNPDIA, dez/96, p.4

A automatização do método para a análise do volume de gotas de chuva natural ou artificial e sua distribuição com técnicas do processamento de imagens digitais requer uma plataforma computacional com capacidade de operar em ambiente WINDOWS95®, com memória de usuário mínima de 4Mbytes. As informações de entrada, obtidas com o método do óleo ou com o uso de papéis marcadores sensíveis a gotas de água, podem ser digitalizadas para serem analisadas como imagens com o uso de câmera de vídeo e placa digitalizadora ou ainda com o uso de *scanners* de mão ou de mesa.

Assim, a partir do reconhecimento automático dos volumes das gotas, pode-se determinar a distribuição por área, e conseqüentemente as energias cinéticas relacionadas, o que auxilia nos estudos com chuvas naturais ou possibilita o dimensionamento de aspersores e ajustes da pressão de sistemas de irrigação com maior confiabilidade e menor esforço manual.

### Referências

- CRUVINEL, P.E.; MINATEL, E.R.; MUCHERONI, M.L.; VIEIRA, S.R.; CRESTANA S. An automatic method based on image processing for measurement of drop size distribution from agricultural sprinklers. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS - SIBGRAPI, 9, Caxambu MG, out.,1996 **Anais do IX SIBGRAPI**. Belo Horizonte: SBC/UFMG, 1996. p.39-46, 1996.
- EIGEL, J.D.; MORE, I.D. A simplified technique for measuring raindrop size and distribution. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, p.1079-1084, 1983.